

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-062396

(43)Date of publication of application : 06.03.1998

(51)Int.Cl.

G01N 29/26  
 A61B 8/00  
 G01N 29/24  
 G01S 15/89  
 // G06T 1/00

(21)Application number : 08-219768

(71)Applicant : FURUNO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 21.08.1996

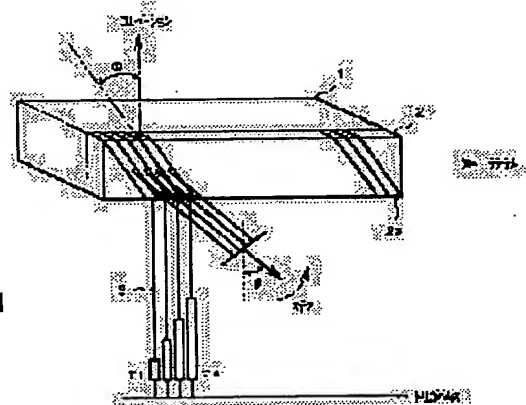
(72)Inventor : IINO HIROSHI

(54) ULTRASONIC SCANNING DEVICE, ULTRASONIC DIAGNOSTIC DEVICE,  
 NONDESTRUCTIVE INSPECTING DEVICE, AND ULTRASONIC OSCILLATOR ARRAY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide two-dimensional image information in real time with a simple structure by steering a received beam which is formed by delaying the received signals of ultrasonic oscillator elements arranged with a lateral inclination.

SOLUTION: An ultrasonic oscillator 2 is divided into a plurality of laterally inclined ultrasonic oscillator elements 2a. The elements 2a are connected to a transmission and receipt control circuit through a delay circuit. The delay circuit forms an ultrasonic transmitted beam in transmission, and steers this beam. In receipt, also, it steers a received beam. Since the beam is moved along the directivity characteristic when the beam is continuously shaken by steering, the steering is performed every set group of the elements 2a, whereby the directivity characteristics are laterally arranged in order. Thus, a two-dimensional image for every locus can be provided from the loci of the transmitted and received beams. Thus, only by obliquely steering an array having elements one-dimensionally arranged thereon, two-dimensional image information can be provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 04.10.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

FTA0402-ET  
11/13

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-62396

(43)公開日 平成10年(1998)3月6日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 29/26	5 0 3		G 0 1 N 29/26	5 0 3
A 6 1 B 8/00			A 6 1 B 8/00	
G 0 1 N 29/24	5 0 2		G 0 1 N 29/24	5 0 2
G 0 1 S 15/89			G 0 1 S 15/89	B
// G 0 6 T 1/00			G 0 6 F 15/62	3 9 0 D
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 15 頁)				

(21)出願番号 特願平8-219768

(22)出願日 平成8年(1996)8月21日

(71)出願人 000166247

古野電気株式会社

兵庫県西宮市芦原町9番52号

(72)発明者 飯野 博司

兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内

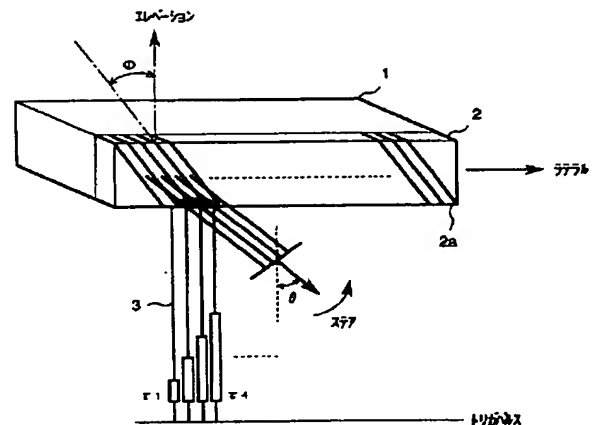
(74)代理人 弁理士 小森 久夫

(54)【発明の名称】 超音波走査装置、超音波診断装置、非破壊検査装置および超音波振動子アレイ

(57)【要約】

【課題】超音波振動子エレメントが一方向に配列された1次元アレイ構造を用いて、2次元画像や3次元画像をリアルタイムで得ることが可能な超音波振動子アレイを提供するとともに、このアレイを用いた超音波走査装置、超音波診断装置及び非破壊検査装置を提供する。

【解決手段】超音波振動子エレメント2aをラテラル方向に対して傾斜して配置した超音波振動子アレイを用い送受波ビームをステアする。各エレメントは複数のグループに分割され、各エレメントグループごとにステアが連続的に行われることにより3次元の画像情報を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 矩形又は長片形状を有しラテラル方向に傾斜して配列される複数の超音波振動子エレメントと、これらの各超音波振動子エレメントにそれぞれ接続され、各超音波振動子エレメントによって捕捉された受波信号を所定時間遅延させる受信遅延手段と、該受信遅延手段の出力信号を合成し、受波ビームを形成する合成手段と、前記受信遅延手段の遅延時間を制御し、前記合成手段で形成される受波ビームをステアする受信遅延制御手段と、を具備することを特徴とする超音波走査装置。

【請求項2】 矩形又は長片形状を有しラテラル方向に傾斜して配列される複数（ $m$ 個）の超音波振動子エレメントと、上記 $m$ 個の超音波振動子エレメントの中から $n$ 個（ $n < m$ ）の超音波振動子エレメントを順次選択する受信超音波振動子エレメント選択手段と、該選択手段により選択された $n$ 個の超音波振動子エレメントに接続され、各超音波振動子エレメントによって捕捉された受波信号を所定時間遅延させる受信遅延手段と、該受信遅延手段の出力信号を合成し、受波ビームを形成する合成手段と、前記受信遅延手段の遅延時間を制御し、前記合成手段で形成される受波ビームをステアする受信遅延制御手段と、を具備することを特徴とする超音波走査装置。

【請求項3】 前記受信遅延制御手段による受波ビームのステアを行いつつ、前記受信超音波振動子エレメント選択手段により選択される超音波振動子エレメントを変えて受波ビームのラテラル方向へのスキャンを行うことを特徴とする、請求項2記載の超音波走査装置。

【請求項4】 前記受信超音波振動子エレメント選択手段により選択される超音波振動子エレメントを変えて受波ビームのラテラル方向へのスキャンを行いつつ、前記受信遅延制御手段による受波ビームのステアを行うことを特徴とする、請求項2記載の超音波走査装置。

【請求項5】 所定の超音波信号を生成し、前記超音波振動子エレメントに超音波信号を出力する超音波信号生成手段と、該超音波信号生成手段に接続され、前記超音波振動子エレメントに出力される超音波信号を所定時間遅延させる送信遅延手段と、該送信遅延手段の遅延時間を制御し、送波ビームをステアする送信遅延制御手段と、を具備することを特徴とする、請求項1記載の超音波走査装置。

【請求項6】 所定の超音波信号を生成し、前記超音波振動子エレメントに超音波信号を出力する超音波信号生成

手段と、

上記 $m$ 個の超音波振動子エレメントの中から $n$ 個（ $n < m$ ）の超音波振動子エレメントを順次選択する送信超音波振動子エレメント選択手段と、前記超音波信号生成手段に接続され、前記送信超音波振動子エレメント選択手段で選択された各超音波振動子エレメントに出力される超音波信号を所定時間遅延させる送信遅延手段と、該送信遅延手段の遅延時間を制御し、送波ビームをステアする送信遅延制御手段と、を具備することを特徴とする、請求項2記載の超音波走査装置。

【請求項7】 前記送信遅延制御手段による送波ビームのステアを行いつつ、前記送信超音波振動子エレメント選択手段により選択される超音波振動子エレメントを変えて送波ビームのラテラル方向へのスキャンを行うことを特徴とする、請求項6記載の超音波走査装置。

【請求項8】 前記送信超音波振動子エレメント選択手段により選択される超音波振動子エレメントを変えて受波ビームのラテラル方向へのスキャンを行いつつ、前記送信遅延制御手段による送波ビームのステアを行うことを特徴とする、請求項7記載の超音波走査装置。

【請求項9】 矩形又は長片形状を有しラテラル方向に傾斜して配列される複数の超音波振動子エレメントと、所定の超音波信号を生成し、各超音波振動子エレメントに対し該超音波信号を順次出力する超音波信号生成手段と、各超音波振動子エレメントにそれぞれ接続され、各超音波振動子エレメントによって捕捉された受波信号を各エレメントへの超音波信号出力毎に順次記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶されている受波信号の読み出し位置のシフト制御を行いながら加算合成することにより受波ビームおよび／または送波ビームをステアする加算合成手段と、を具備することを特徴とする超音波走査装置。

【請求項10】 前記加算合成した信号を2次元画像データまたは3次元画像データとして記憶する手段を備えることを特徴とする、請求項9記載の超音波走査装置。

【請求項11】 請求項1～9のいずれかの超音波走査装置と、前記合成した信号を2次元画像データまたは3次元画像データとして記憶する手段と、該2次元画像データまたは3次元画像データを表示画面上に表示する表示装置と、を具備することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項12】 請求項1～9のいずれかの超音波走査装置と、前記合成した信号を2次元画像データまたは3次元画像データとして記憶する手段と、該2次元画像データまたは3次元画像データを表示画面上に表示する表示装置と、を具備することを特徴とする非破壊検査装置。

【請求項13】 矩形又は長片形状を有する複数の超音波

振動子エレメントをラテラル方向に配列してアレイ構造とした超音波振動子アレイにおいて、各エレメントを前記ラテラル方向に対して傾斜配置したことを特徴とする超音波振動子アレイ。

【請求項14】エレベーション方向に超音波ビームのフォーカスを行う音響レンズをアレイ表面に配置したことを特徴とする、請求項13記載の超音波振動子アレイ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、2次元画像を得ることのできる超音波2次元走査装置や、3次元画像を得ることのできる超音波3次元走査装置等を含む超音波走査装置、並びに同装置を臨床分野に応用した超音波診断装置や検査分野に応用した非破壊検査装置に関し、さらに、これらの装置に使用される超音波振動子アレイに関する。

【0002】

【従来の技術】医療の臨床分野においては、リアルタイム2次元又は3次元画像を得ることが要求されている。

【0003】3次元画像を得る方法の1つに、超音波振動子エレメントを横方向であるラテラル方向に一列に配列した1次元アレイを機械的にエレベーション方向（ラテラル方向に垂直な方向）に走査させる方法がある。この1次元アレイの機械走査による3次元画像生成方法は、方式そのものが簡単であり、安価に構成できる利点があるが、機械走査のために走査速度に限界があり、また、リアルタイムで実用に耐えうる超音波画像を得るのに困難が伴い、しかも機械的磨耗等の為に信頼性の点で問題がある。

【0004】そこで、ラテラル方向及びエレベーション方向に送受波ビームを振る（ステアする）ことができるように、エレメントを、ラテラル方向、エレベーション方向に各々 $n \times m$ のマトリックス状に分割して形成した2次元アレイが提案されている。図21は、この2次元アレイのエレメント構造を示している。図示のように、超音波振動子エレメントは、X（ラテラル）方向に $n$ 、Y（エレベーション）方向に $m$ に分割され、合計 $n \times m$ 個のエレメントに分割されている。各エレメントからはリード線が引かれ、リード端子に集められて、1本のケーブルで制御部に接続される。なお、各エレメント間の間隔は、サイドビームの影響を少なくするために $1/2\lambda \sim 1\lambda$ の幅に設定される。

【0005】上記のようにマトリックス状に分割された超音波振動子アレイを用いて、X及びY両方向の送受波ビームの走査を電子的に行い、3次元画像描画のための画像データをリアルタイムで得るようにする。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図21に示すような従来の超音波振動子アレイでは、たとえばX方向のエレメント数 $n$ が64、Y方向のエレメント数 $m$ が6

4とすると、合計 $64 \times 64 = 4096$ 個のエレメント数となり、現実的にこのような構造のアレイ構造にするのは極めて困難となる。また、各エレメントからリード線を引き出すことも極めて困難であり、しかもこれらのリード線を集めて1本のケーブルで制御部に配線するとすると、全体の形状、重量が実用に耐えることのできないほど大型のものとなる。さらに、制御部においては、各振動子エレメントの送受波回路が必要となり、高コスト化、大型化を避けることができない。

【0007】それ故に、本発明の目的は、超音波振動子エレメントが一方に配列された1次元アレイ構造を用いて、2次元画像や3次元画像をリアルタイムで得ることが可能な超音波走査装置を提供するとともに、この装置を用い医療分野に応用した超音波診断装置、検査分野に応用した非破壊検査装置、並びに、これらの装置に用いられる超音波振動子アレイを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係る超音波走査装置は、矩形又は長片形状を有しラテラル方向に傾斜して配列される複数の超音波振動子エレメントと、これらの各超音波振動子エレメントにそれぞれ接続され、各超音波振動子エレメントによって捕捉された受波信号を所定時間遅延させる受信遅延手段と、該受信遅延手段の出力信号を合成し、受波ビームを形成する合成手段と、前記受信遅延手段の遅延時間を制御し、前記合成手段で形成される受波ビームをステアする受信遅延制御手段と、を具備することを特徴とする図1は、本発明の請求項1に係る超音波走査装置に用いられる超音波振動子アレイの外観図である。

【0009】矩形形状の基体（パッキング材等）1の一方の面に圧電セラミクス等からなる超音波振動子2が取り付けられ、この超音波振動子2は、横方向であるラテラル方向に一定の幅で複数の分割されたアレイ構造にされ、且つ、分割された各超音波振動子エレメント2aは、ラテラル方向に傾斜して配置されている。傾斜角は、ラテラル方向に垂直なエレベーション方向を基準として $\phi$ である。また、各エレメントからリード線3が引き出され、遅延回路 $\tau$ （ $\tau_1 \dots$ ）を介してトリガパルスを発生する送信制御回路に接続される。また図示はしていないが、受信時には受信信号がリード線3を介して遅延回路に供給される。遅延回路 $\tau$ は、送信時において複数のエレメントの駆動タイミングをそれぞれ異にすることにより各エレメントからの超音波パルスを一点に集束させて焦点を形成して（フォーカスする）超音波送波ビームを形成するとともに、そのビームを振る（ステアする）。また、このようにしてビーム形成を行うエレメントの組をラテラル方向に順次移動させていき、送波ビームをラテラル方向にスキャンする。また、受信時においても、同様にビームのステアを行いつつ、さら

に、エレメントの組をラテラル方向に順次移動させていくことにより受波ビームをラテラル方向にスキャンする。なお、受信時には、ビームの開口の大きさを適当に可変しながら（近くからのエコー受波時にはそのとき指定されている組の中央部分の一部のエレメントを使用し、遠くからのエコー受波時にはそのとき指定されている組の全部のエレメントを使用する）ビーム方向のエコー受波を連続的に行う。このような送受波ビーム形成のための遅延回路の作用については、多数の文献、刊行物に記載されているためにここでは述べない。

【0010】以上の構成の超音波振動子アレイが、公知の1次元配列に係る超音波振動子アレイと相違しているのは、各エレメント2aが、ラテラル方向に対して傾斜して配置されている点である。

【0011】次に、図1の構成の超音波振動子アレイを用いて上記のステアを行ったときの作用について図2以下を参照して説明する。

【0012】まず、各エレメントがエレベーション方向に角度を持たずに配置された公知の1次元超音波振動子アレイを用いた場合について説明し、続いて、本発明に係る超音波振動子アレイを用いた場合の作用について説明する。

【0013】図2(A)～(C)は、公知の超音波振動子アレイを用いた場合の作用を超音波空間分布領域で表現している。すなわち、超音波振動子エレメント2aがラテラル方向Lに複数個配列して構成された超音波振動子アレイの超音波空間分布h（同図(A)）は、1つのエレメント2aによる空間分布gに、各エレメントの音響中心配列パターンf（同図(B)）を畳み込み演算した結果として表現される。数式は、 $h = f * g$ として表される。なお、送受波ビームのステアが行われる時には、図2(B)に示すように各エレメントの音響中心配列パターンの位相が変化する。この位相の変化は、送波ビーム形成時には送波ビームの角度に応じて定まる所定時間だけ信号を遅延させて各超音波振動子エレメントに供給することで実現される。また、受波ビーム形成時には各超音波振動子エレメントから受信したエコー信号を受波ビーム角度に応じて定まる所定時間だけ遅延させて加算することで実現される。

【0014】一方、上記のように空間分布領域での表現は、フーリエ変換することにより空間周波数領域で表現することも出来る。図2(D)～(F)はラテラル方向及びエレベーション方向の2次元の空間周波数領域で表現した場合を示す。同図(E)は同図(B)に対応するもので、各エレメントの音響中心の点状の配列パターンは、ラテラル方向の幅がごく狭く反対にエレベーション方向の長さが非常に長い、細く長円または矩形状の指向特性として表される。この指向特性は、エレベーション方向に無指向性であることを示している。なお、送受波ビームのステアにより音響中心配列パターンの位相が変

化する場合には、指向特性は図の矢印で示すようにラテラル方向に平行に移動する。

【0015】図2(F)の特性は図2(C)に対応している。すなわち、1つのエレメント2aの超音波空間分布は、指向特性で表すとエレベーション方向に対して幅がごく狭く、ラテラル方向に対して長さが極めて長い、細く長円または矩形状の指向特性として表される。この指向特性は、ラテラル方向に対して無指向性であることを示している。

10 【0016】図2(E)及び(F)は、それぞれ図2(B)及び(C)をフーリエ変換して空間周波数領域で表したものであり、これは図2(B)及び(C)の指向特性を示したものであるため、フーリエ変換の結果、図2(A)に示すアレイ全体の超音波空間分布は、同図(E)の指向特性と同図(F)の指向特性を乗ずることによって、同図(D)のような指向特性で表現することが出来る。数式で表現すると、アレイ全体の指向特性Hは、 $H = F \times G$ で表される。この図2(D)から明らかのように、送受波ビームのスポット（フォーカス位置）は、ステアによりラテラル方向にのみ移動する。よって、このアレイでは、送受波ビームのステアにより、ラテラル方向のビームを含む2次元縦断面の画像情報のみ得ることができ、3次元の画像情報を得るためには、このアレイをエレベーション方向に機械的に走査する必要があることがわかる。

【0017】次に、本発明に係る超音波振動子アレイを用いた場合の作用について図3を参照して説明する。

30 【0018】図3の(A)～(C)は図2の(A)～(C)に対応するものであり、それぞれ、アレイの空間分布、各エレメントの音響中心配列パターン(f)、1つのエレメントの空間分布(g)を示している。アレイの空間上の分布(h)は、 $h = f * g$ の畳み込み演算で表すことができる。

40 【0019】また、図3(D)～(F)は図2(D)～(F)に対応するもので、それぞれアレイ全体の指向特性、各エレメントの音響中心配列パターンの指向特性、1つのエレメントの指向特性を示している。アレイ全体の指向特性は、アレイ全体の超音波空間分布をフーリエ変換した結果として表現されることから、 $H = F \times G$ の乗算式で表される。すなわち、図3の(E)の指向特性と(F)の指向特性を掛け合わせることで得られる。図2及び図3から明らかのように、図3の(E)に示す指向特性は図2の(E)に示す指向特性と同じであるが、図3の(F)に示す指向特性は、図2に示す(F)の指向特性と異なり、エレベーション方向に傾斜する。このため、ステアによって図3(E)に示すように指向特性をラテラル方向に $\theta$ だけ移動させると送受波ビームを表すスポット位置は図3(D)の点線で示すように、ラテラル-エレベーション2次元平面上の“x”に移動する。すなわち、ステアによってビームが角度 $\theta$ だけ振ら

れると、その時のビームはエレベーション方向に角度 $\alpha$ だけシフトした位置となる。したがって、ステアによって角度 $\theta$ をラテラル方向に連続的に移動させれば、ビームは、図3(F)の指向特性に沿って移動する。

【0020】したがって、図4に示すようにエレメント2aのグループG1、G2、G3・・・をそれぞれ予め設定しておき、各グループごとにステアを行っていくようにすれば、各グループG1、G2、G3・・・の指向特性は同図に示すようにラテラル方向に順に並ぶから、送受波ビームの軌跡は図5の点線で示すようになる。これにより、図5の各軌跡毎の2次元の画像情報を得ることが出来る。すなわち、図6に示すように平行四辺形を1面とする3次元の画像情報を得ることができる。よって、エレメントをラテラル方向にのみ1次元配置したアレイをラテラル方向に対し斜め方向にステアするだけで、2次元の画像情報を得ることができ、また、これに加えて、受波ビームのラテラル方向へのスキャンを行うことにより、3次元の画像情報を得られるようになる。

【0021】このように超音波振動子エレメント2aのラテラル方向の1次元配列をエレベーション方向を基準にして $\Phi$ 傾斜させるだけで3次元の画像情報を簡単に得られる。この場合、機械的な走査は不用であり、ステア及びスキャンの各操作は電子的に行われる。したがって、リアルタイムで3次元の画像情報を得ることができる。

【0022】以上の構成の超音波走査装置、理解を容易にするために、送受波ビームを共にステア及びスキャンするシステムとしたが、送波ビームを広域に照射し、受波ビームだけをステア及びスキャンするものであっても、2次元画像及び3次元画像を得ることが出来る。

【0023】また、上記の超音波走査装置は、医療の臨床分野において使用される超音波診断装置や、超音波を用いて探傷を行う非破壊検査装置に応用出来る。

【0024】また、以上の構成の超音波走査装置では、送波ビームまたは受波ビームをステアしつつスキャンして3次元画像データを得るようにしたが、送波ビームまたは受波ビームをスキャンしつつステアして3次元画像データを得ることも可能である。

【0025】さらに、送波ビームまたは受波ビームのステアを、メモリ上に記憶される受波信号をシフト制御しながら加算合成することで実現することも出来る。すなわち、各超音波振動子エレメントによって捕捉された受波信号を各エレメントへの超音波信号出力毎に順次記憶し、該記憶手段に記憶されている受波信号をその読み出し位置（アドレス）のシフト制御を行いながら加算合成することにより上記ステアを行うようにしてもよい。

【0026】

【発明の実施の形態】図7は、本発明の実施の形態である超音波診断装置の構成図である。また、図8は、同超音波診断装置に使用される超音波診断用センサの外観図

である。

【0027】超音波診断用センサは、図1に示す超音波振動子アレイと同様に、形状が矩形または長片状である基体1の一方の側面にチタン酸バリウムからなる超音波振動子を取り付け、この超音波振動子をエレベーション方向を基準に角度 $\Phi$ を持つようにラテラル方向に傾斜した複数の超音波振動子エレメントに分割し、超音波振動子アレイ2としている。また、この超音波振動子アレイ2のアレイ表面には、エレベーション方向に対して超音波ビームのフォーカスを行う音響レンズ4を設けている。各超音波振動子エレメント2aの上面及び下面に設けられる電極（図示せず）からはリード線5が引き出され、それぞれがケーブル6に集合されて超音波診断装置の送受回路に導かれている。なお、各エレメント2aのエレベーション方向を基準とする傾斜角度 $\Phi$ は、例えば20度～40度の範囲に設定される。

【0028】超音波診断装置本体は、図7に示すように、全体の制御を行うコントローラ10と、各種のデータ入力やコマンド入力等を行う入力装置11と、超音波ビームの送受回路12と、受波信号を画像情報に変換してモニター上に表示する表示回路13とで構成されている。

【0029】送受回路12は、超音波振動子エレメント2aに接続される送受切り換えスイッチ12aと、送信アンプ12bと、受信アンプ12cと、送信用遅延回路12dと、受信信用遅延回路12eと、さらに送信用スイッチ12f及び受信信用スイッチ12gとを含み、12a～12gは、各エレメント2aごとに設けられている。さらに、送受回路12は上記遅延回路12d及び12eに対して遅延時間を設定するための送信遅延制御回路12h及び受信遅延制御回路12iを備えている。各送信遅延制御回路12hと受信遅延制御回路12iは、各々送信用スイッチ12fと受信信用スイッチ12gを切り換え制御するスイッチ切り換え部を備えている。

【0030】表示回路13は、受信信号を加算して受波ビームを形成する加算器13aと、その出力信号を検波し且つ対数増幅する検波／対数増幅器13bと、その出力をA/D変換するA/D変換器13cと、デジタル化したデータを3次元的に記憶する3次元画像メモリ13dと、この3次元画像メモリ13dに記憶されている画像データの中から、必要に応じて任意の断面の2次元画像データを抽出して2次元的に記憶する2次元画像メモリ13eと、各メモリに記憶されるデータを表示するモニタ13fとで構成されている。

【0031】本実施の形態の超音波診断装置では、3次元座標形態を持つ3次元画像メモリ13dまたは2次元座標形態を持つ2次元画像メモリのいずれかまたは両方を選択出来、モニタ13fは、選択された3次元または2次元の画像情報を単独でまたは同時に、立体的または平面的に表示することができるようになっている。

【0032】エレメント2aは、予めグループG1、グループG2、グループG3のように複数のグループに分割されていて、1つのグループで送受波ビームのステアと受波ビームの可変開口制御が終了すると、続いて次のグループに対する同じ処理が行われる。グループの切り換えは、送信用のスイッチ12fおよび受信用のスイッチ12gによって行われる。すなわち、送信用スイッチ12f及び受信用スイッチ12gは、図7の矢印の方向のスキャン操作によって、グループGの切り換えが順次行われていく。各スイッチのスキャン操作は送信遅延制御回路12hと受信遅延制御回路12i内のスイッチ切り換え部により行われる。各グループでのステアでは、送受信の遅延時間を制御することにより、図1に示すようにステア角 $\theta$ を連続的に変化させる。受波ビームの可変開口制御は、各ステア角 $\theta$ ごとに行われ、Z軸方向（深さ方向）の受波信号が連続的に取り出されていく。したがって、送信遅延制御回路12hと受信遅延制御回路12iではエレメントのグループGごとにステアを行うための遅延時間が行われ、これに、受波ビームについての可変開口制御がスイッチ12gの制御によって行われる。前述のように、可変開口制御は、エレメントに近いエコー受波時にはグループの中央部分の一部のエレメントを用い、遠いエコー受波時にはグループ全部のエレメントを用いる制御である。なお、スイッチ12gは遅延回路12eの前に配置することも可能である。

【0033】表示回路13は、そのときどきの受信信号を加算することによって形成される受波ビームの位置での画像データを得る。加算器13aで加算された信号は、検波/対数増幅器13bで検波されるとともに、適当なダイナミックレンジを得るために対数的に増幅され、さらに、A/D変換器13cでデジタルデータに変換されて3次元画像メモリ13dに画像データとして記憶される。また、2次元画像メモリ13eは、入力装置11からのコマンド入力に基づいて、3次元画像メモリ13dに記憶されている3次元の画像データの中から、任意の断面の2次元画像データを抽出して記憶する。モニタ13fは、立体的な表示を行うときには3次元画像メモリ13dの記憶データを表示し、平面的な表示を行うときには2次元画像メモリの記憶データを表示する。

【0034】図9は、以上の制御を行うコントローラ10の要部の制御動作を示すフローチャートである。

【0035】ステップST1は、エレメントグループの更新を行うステップである。各グループはn個のエレメントからなり、図8に示すように、ラテラル方向に対して1つずつシフトするようにグループが順次更新選択されていく。エレメントグループが選択されると、送受波ビームを形成し且つステアするための遅延時間が設定される（ST2）、まず、送波ビームが形成される（ST3）。最初の送波ビームの方向は、図4のS点となるよ

うに遅延時間が設定される。次に、同じようにして受波ビームが形成される（ST4）。最初の受波ビームの方向は、ラテラルエレベーションの2次元座標面でS点となるように受信用の遅延時間が設定される。そして、S点の深さ方向の画像データが連続的に取り込まれ、ST5において3次元画像メモリ13dに記憶されていく。

【0036】以上の動作を終えると、ST3に戻り、遅延時間の再設定により、図4のS点を同図の矢印方向に所定角度だけ移動させて、上記と同じ動作を繰り返す。図4のS点がE点に達すると、1セクタ分のステアが終了し、続いて、次のエレメントグループに対する同じ操作を行う。全てのエレメントグループに対する処理を終えると最初に戻り、再び同じ動作を繰り返していく。

【0037】モニタ13fは、3次元モードでは、3次元画像メモリ13dに記憶されている画像データを表示するが、同画像メモリ13dは図10に示すように、ラテラル方向（X軸方向）、エレベーション方向（Y軸方向）及びZ軸方向の3次元での座標データを記憶できる3次元座標メモリを構成しているために、モニタ13fでは、画面上に立体画像が表示される。2次元モードにおいては、2次元画像メモリ13eに記憶されている画像データが画面上に表示される。

【0038】以上の説明では、理解を容易にするために、送受波ビームがラテラルエレベーション面の2次元座標面でステアされるように説明したが、実際にはエレメントがラテラル方向に傾斜している分だけビームもラテラルエレベーション面からずれた面をステアされる。図11以下は3次元座標面でのビームのステアについて説明するものである。

【0039】まず、エレメントがラテラル方向に傾斜してない通常の1次元超音波振動子アレイについて図11～図13を参照して説明する。図11（B）に示すように、各エレメントの音響中心配列パターンの指向特性は、それぞれのエレメントの遅延時間に差を設けないことによって、すなわちそれぞれのエレメントの出力を同相合成することにより、Z軸に垂直な円板状の指向特性となる。一方、1つのエレメント2aの指向特性は、図11（C）に示すようにY方向（エレベーション方向）に薄くX方向（ラテラル方向）に広い紙のようなビームとなる。図2に示した場合と同様にアレイ全体の指向特性については、図11（B）の指向特性と図11（C）の指向特性を乗じた結果として表すことができるから、図11（A）に示すようにZ軸方向のビームとなる。ここで、各エレメントに時間遅延を与えると、すなわち、ステア角 $\theta$ を設定するのに、各エレメントに $X \sin \theta / C$ （Cは音速）なる時間遅延を与えると、各エレメントの音響中心配列パターンによる指向特性のビームは、図12（B）に示すようなカサ型のビームとなる。そこで、このカサ型ビームと図12（C）に示すビームとを



乗じると、図 12 (A) に示すようにアレイの指向特性ビームは、XZ 平面上で  $\theta$  方向にステアしたビームが形成される。したがって、ステア角  $\theta$  を変化していくことにより、ビームは XZ 平面上で移動していく。図 13

(A) は図 11 (A) に示す状態、図 13 (B) は図 12 (A) に示す状態を、それぞれ立体的に示す図である。

【0040】次に、本発明に係る超音波振動子アレイのように、エレメント 2 a をラテラル方向に傾斜させた場合のビームのステアについて図 14 以下を参照して説明する。

【0041】図 14 (A) ~ (C) はステアする前の指向特性を示すもので、同図 (B) は各エレメント 2 a の音響中心配列パターンの指向特性を示し、同図 (C) は 1 つのエレメント 2 a の指向特性を示している。同図

(C) に示すように、傾斜されたエレメント 2 a の指向特性は、エレメントの長手方向に薄く短手方向に広いビームが形成され、このビームと同図 (B) に示す指向特性が乗じられて、図 14 (A) に示すようなビームが形成される。ステアする前は、図 11 (A) に示す場合と同様に、ビームは Z 軸方向を向くものとなる。一方、ステア角  $\theta$  が形成されると、図 15 (B) に示すようにカサ型ビームが形成される。このビームは図 12 (B) に示すカサ型ビームと同じである。よって、このカサ型ビームと図 15 (C) に示すビームとが乗じられて、図 15 (A) に示すようなビームが形成される。このビームは、エレメント 2 a の長手方向に直交する (短手方向) 面上に存在し、ステア角  $\theta$  が操作された時に、この面上を移動することになる。図 16 (A)、(B) は、それぞれ図 14 (A)、図 15 (A) のビーム方向を立体的に示す図である。

【0042】なお、すでに述べたように、ステアはエレメントグループごとに行われる。エレメントグループが切り換え選択されると、ビームがラテラル方向に移動し、同様にしてエレメント長手方向に直交する面上でビームがステアされる。そして、このステアが行われるときに、受波ビームの可変開口制御を行うことにより、高分解能の 2 次元画像データを得ることが出来る。3 次元の画像情報は、上記の動作の繰り返しにより得ることができる。

【0043】なお、図 17 (A) は、図 3 (D) ~ (E) の指向特性を立体的に示したものであり、さらに図 17 (B) は同図 (A) を平面から見た場合のビームの強度を示している。この図 17 からよく分かるように、ビームを上面から見た場合の形状が菱形になっている。ビームが菱形であることは、分解能を悪くする可能性がないとはいえないが、電子的なフォーカスを適切に行うことにより、ビーム幅を絞ることも可能である。

【0044】次に本発明の他の実施の形態について図 18 を参照して説明する。図 18 は、遅延回路を用いず

送受波ビームのステアとスキャンを行う超音波診断装置のブロック図である。

【0045】構成において、超音波診断用センサは図 7 の装置と同じものを使用し、また、送信アンプ 12 b、受信アンプ 12 c、送受切り換えスイッチ 12 a の構成も図 7 の装置と同一である。受信アンプ 12 c のアナログ出力は A/D 変換器 14 でデジタルデータに変換され、受信用のマルチプレクサ 15 に入力される。マルチプレクサ 15 は、コントローラ 25 からの信号 RXC により、受信データを順次切り換えて後段の書込制御回路 16 に導く。書込制御回路 16 は、コントローラ 25 からの書込制御信号 WC に基づいて受信データをメモリ 17 に順次書き込んでいく。メモリ 17 は送信パルス TX 毎のメモリ面に区分けされていて、図 19 に示すように、各送信パルス TX 1、TX 2、... 毎に受信される受信データを、右方向を時間軸とする各メモリ面に図の矢印方向 (右方向) に順次記憶していく。また、各送信パルス TX は、各エレメント 2 a の R1 から順に一発ずつ送信される。したがって、エレメント 2 a の R1 に送信パルスが供給されたときの受信データは、メモリ面 TX 1 に、RX 1、RX 2、... と順次記憶されていき、同様に R2 に送信パルスが供給されたときの受信データは、メモリ面 TX 2 に、RX 1、RX 2、... と順次記憶されていく。なお、送信パルスは、送信用のマルチプレクサ 18 を介していずれかの送信アンプ 12 b に導かれ、マルチプレクサ 18 の制御はコントローラ 25 からの信号 TXC により行われる。

【0046】メモリ 17 に上記のようにして記憶された受信データは、読出制御回路 19 で読み出される。この回路の制御はコントローラ 25 からの読出制御信号 RC で行われる。読出制御回路 19 は、メモリ上の読出位置 (アドレス) をシフト制御して受信データを読み出す。すなわち、メモリ面 TX 1 においては、受信データ RX 1 に対し、RX 2 を時間軸方向に所定量シフトさせ、さらに、同様にして RX n まで時間軸の右又は左方向に所定量ずつシフトさせながら読み出す。その結果例えば図の P で示すライン上に位置する受信データが読み出される。同様にメモリ面 TX 2 においても同じ読出動作を行う。このようにして読み出した受信データを次段の加算器 20 に出力することにより、各受信データが加算合成されるが、このとき、RX 1 ~ RX n の各受信データはシフト制御されて読み出されているため、等価的に時間遅延が行われたこととなるから、ここで受波ビームが形成され、該受波ビームの位置の受信データが形成される。

【0047】また、読出制御回路 19 では、上記のようにして 1 つの受波ビームによる受信データが形成された後、さらに各受信データのシフト量を変えて読出制御を行う動作を繰り返す。それにより、受波ビームがステアされ、各ビーム位置での受信データが読み出される。

【0048】このように、メモリ17の受信データの読出位置をシフト制御しながら加算合成することで、遅延回路を具備する図7に示す装置の動作と同じように、受波ビームの形成とともにそのステアを行うことが出来る。また、同様に、TX1～TXN間のシフト量を制御することで各エレメントに出力する超音波パルスに等価的な遅延を与えることができるから、送波ビームの形成とそのステアを行うことも出来る。これらの動作は、いずれも読出制御回路19による受信データのシフト制御、具体的には読出アドレスのシフト制御に基づいて行われる。また、送受波ビームのスキャン（エレメントグループの順次選択）も、読出制御を行うメモリ面のグループを、(TX1～TXi)、(TX2～TXi+1)、(TX3～TXi+2)、・・・のように順次選択していくことにより、図7の装置と同様に行うことが出来る。

【0049】加算器20で加算合成された受信データは画像データとして3次元画像メモリ21に記憶され、また、同3次元画像メモリ21の任意の断面の2次元画像データがモニタ23上に表示される。なお、入力装置26は、各種コマンドの入力やデータ入力のために用いられる。

【0050】以上説明した超音波振動装置では、各超音波振動子エレメント2aがラテラル方向に対して直線的に配列された、1次元配列のリニアアレイを示したが、図20に示すように、凸型のコンベックスアレイにも、本発明を適用することが出来る。すなわち、図20の場合でも、超音波振動子エレメントを傾斜して配置するだけで2次元や3次元の画像情報を得ることができる。

【0051】また、図8に示す超音波診断用センサは、超音波により物体内の探傷を行う非破壊検査装置のセンサとしても使用可能であり、その他の回路構成も同検査装置にそのまま使用可能である。したがって、図7及び図19の装置は非破壊検査装置としても使用することが出来る。

【0052】

【発明の効果】本発明に係る超音波走査装置、超音波診断装置及び非破壊検査装置によれば、受波ビームや送波ビームのステア及びスキャンを電子的に行うことが出来る、従来のような機械的な走査を必要せず、しかも超音

波振動子エレメントは1次元配列のものでよいため、非常に簡単な構成で2次元の画像情報または3次元の画像情報をリアルタイムで得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る超音波振動子アレイの構成図

【図2】(A)～(F)従来の1次元超音波振動子アレイでのビーム形成を説明する図

【図3】(A)～(F)本発明に係る超音波振動子アレイでのビーム形成を説明する図

【図4】～

【図6】本発明に係る超音波振動子アレイを用いて2次元画像を得る方法について説明する図

【図7】本発明の実施形態である超音波診断装置の概略ブロック図

【図8】上記超音波診断装置に使用される超音波診断用センサの構成図

【図9】上記超音波診断装置のコントローラの動作手順を示すフローチャート

【図10】画像メモリの構成を示す図

【図11】(A)～(C)従来の1次元超音波振動子アレイのビーム形成を3次元座標で説明する図

【図12】(A)～(C)上記図11において、ステアした場合のビーム形成について説明する図

【図13】(A)～(B)ステアしない場合のビームとステアした場合のビームを3次元的に示す図

【図14】(A)～(C)本発明に係る超音波振動子アレイのビーム形成を3次元座標で説明する図

【図15】(A)～(C)上記図14において、ステアした場合のビーム形成について説明する図

【図16】(A)～(B)ステアしない場合のビームとステアした場合のビームを3次元的に示す図

【図17】(A)～(B)本発明に係る超音波振動子アレイで形成されるビームを3次元的に示す図と、そのビーム強度を平面的に示す図

【図18】本発明に係る他の実施形態である超音波診断装置のブロック図

【図19】送信パルスと受信信号の受信期間を示す図

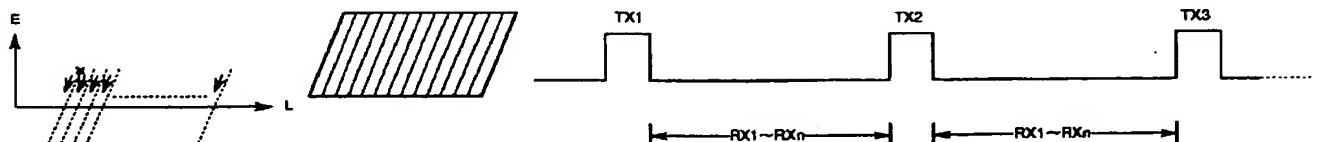
【図20】本発明に係る超音波振動子アレイの他の実施の形態を示す図

【図21】公知の2次元超音波振動子アレイの構成図

【図5】

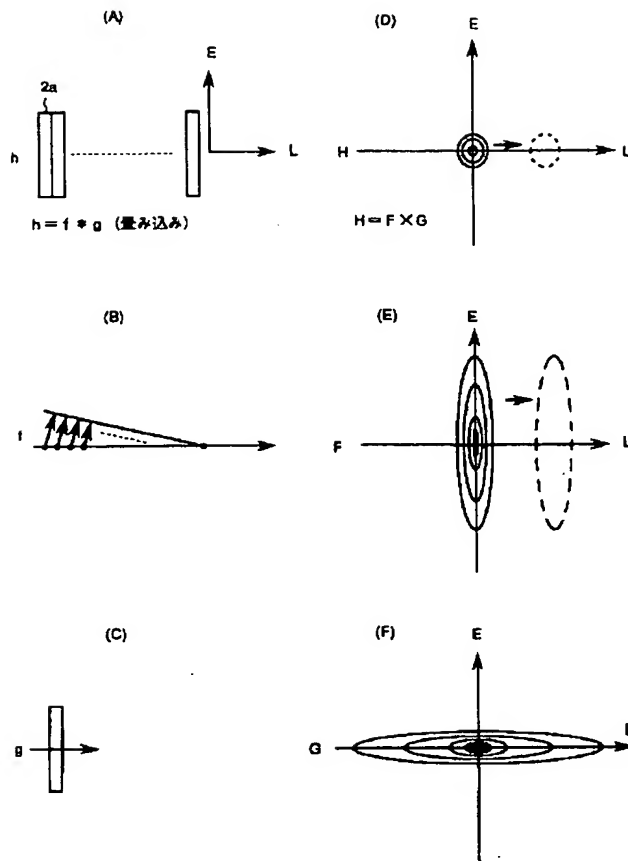
【図6】

【図19】

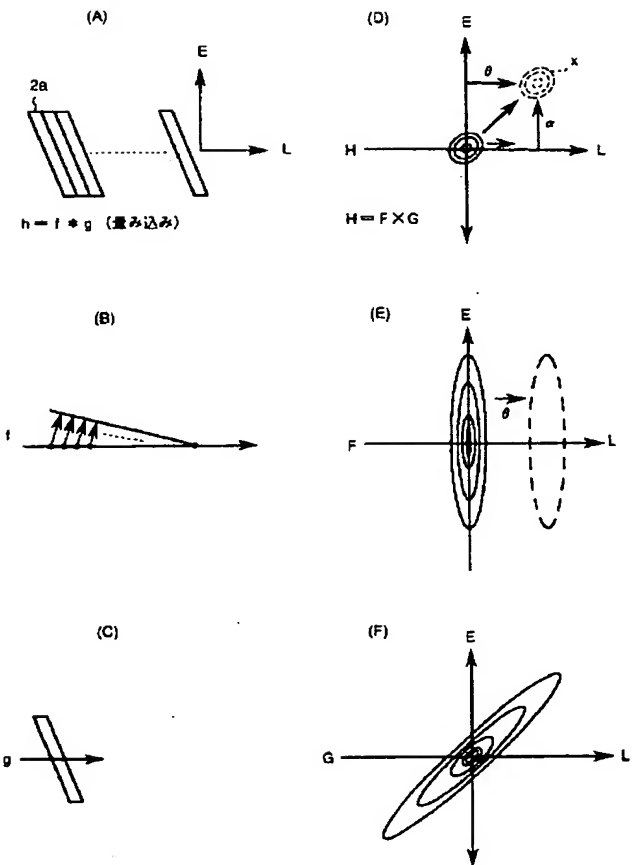




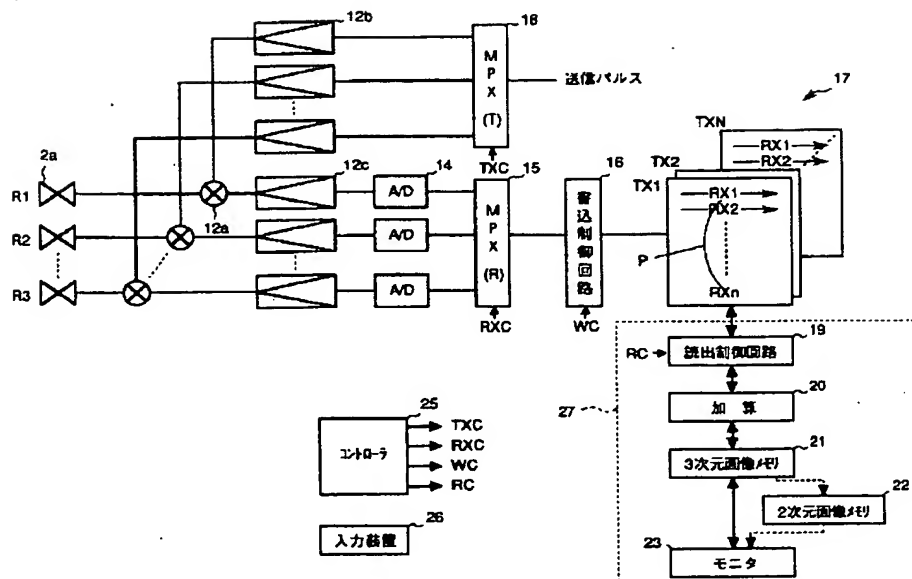
【図2】



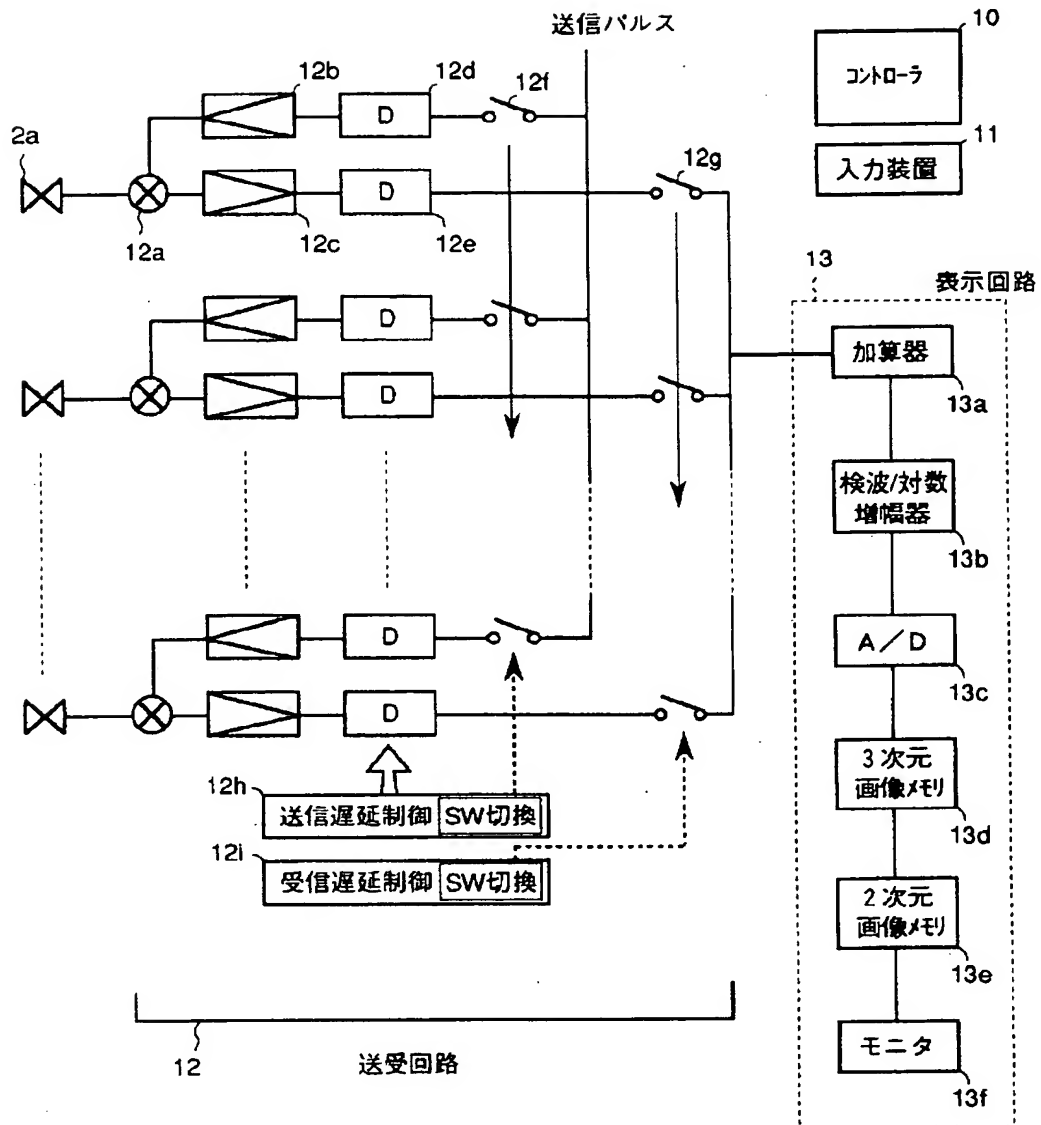
【図3】



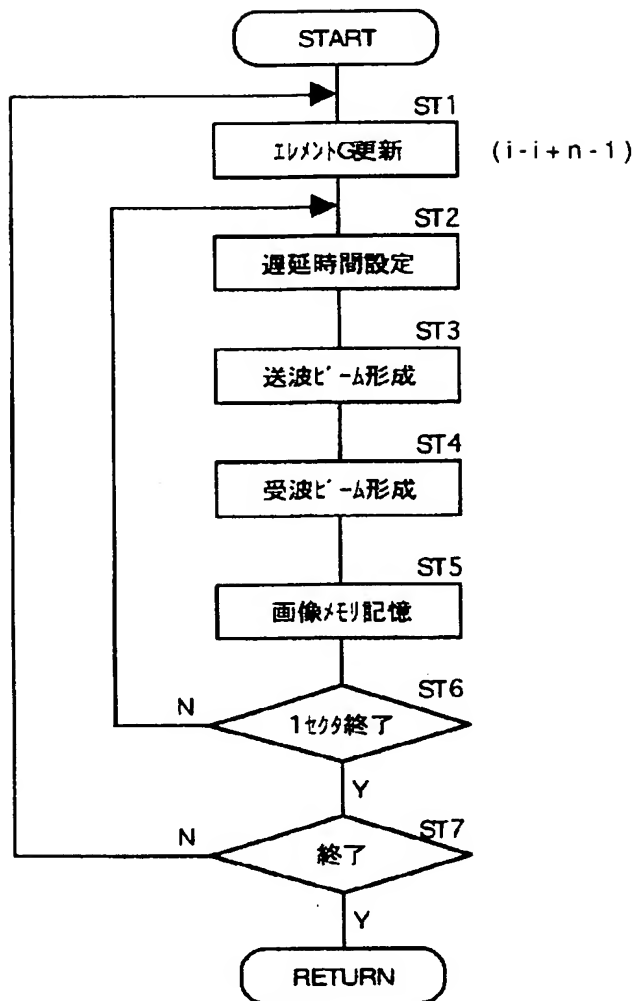
【図18】



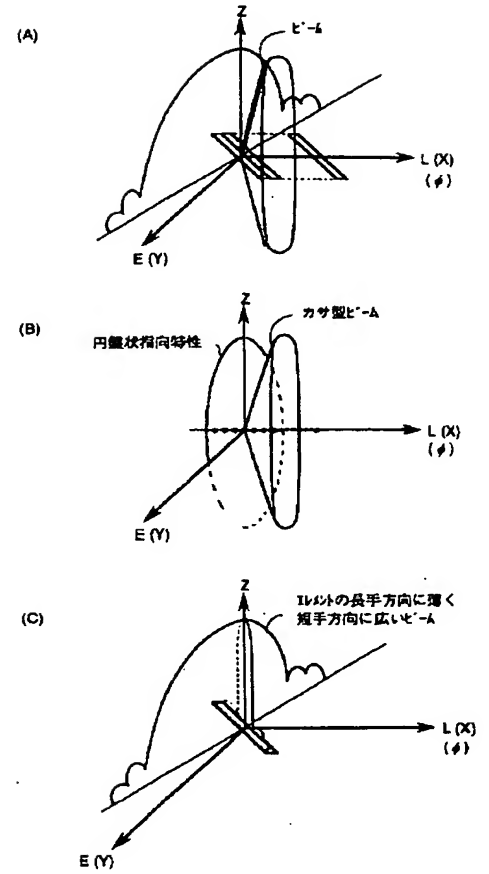
【図 7】



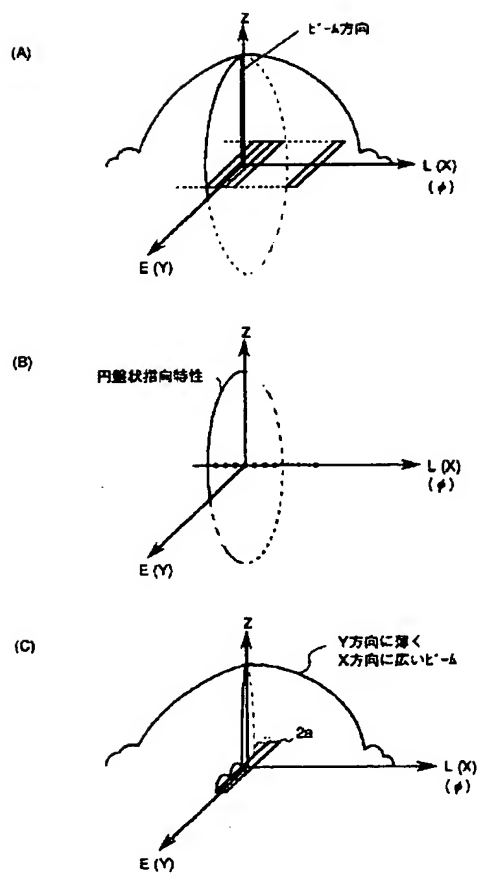
【図9】



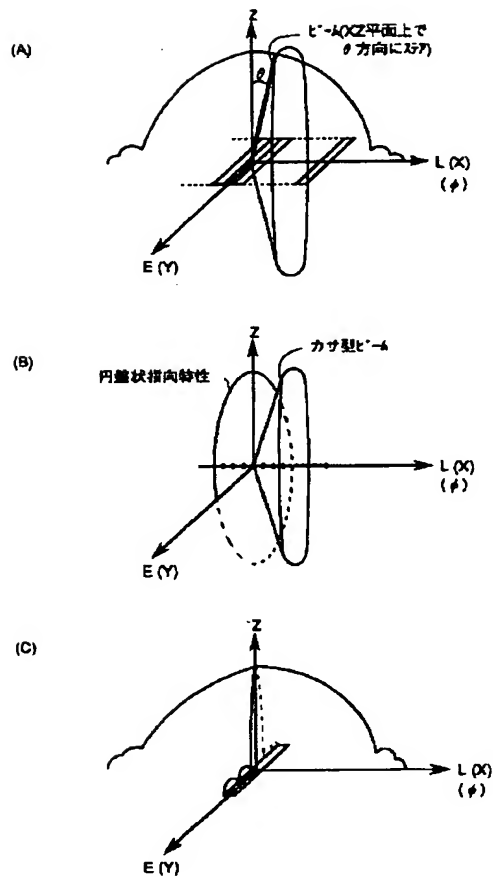
【図15】



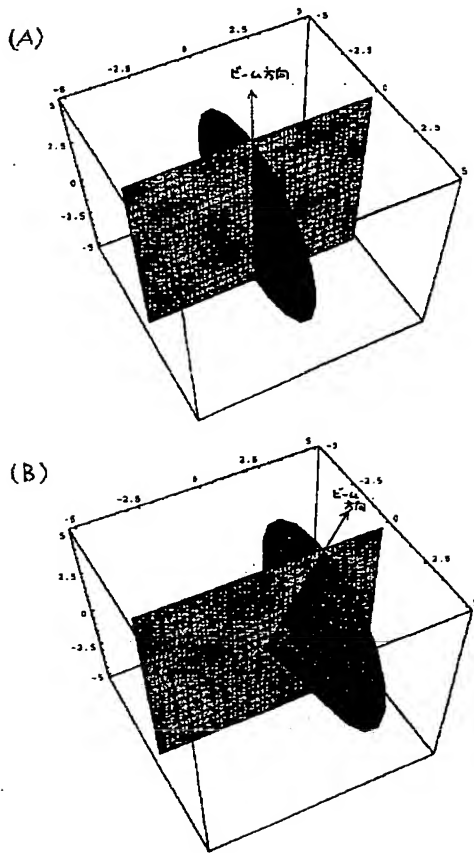
【図11】



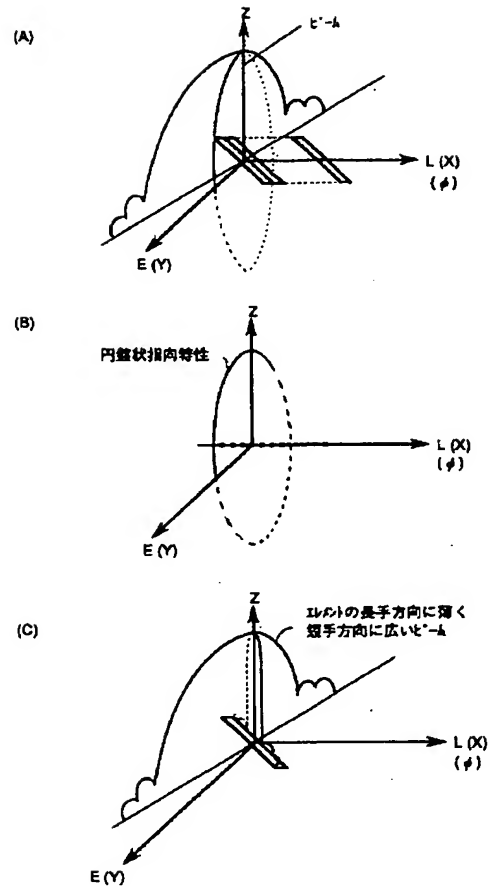
【図12】



【図13】

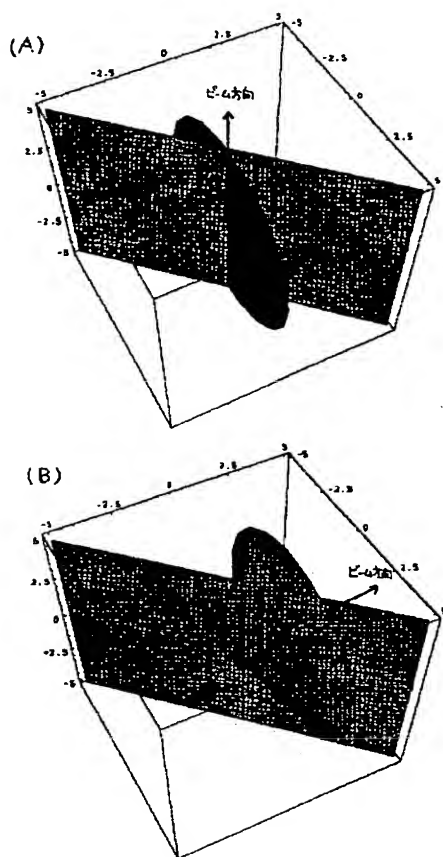


【図14】





【図 1 6】



【図 1 7】

